مجله به‌نژادی نهال و بذر
جلد ۱-۳۳، شماره ۳، سال ۱۳۹۶

بررسی صفات کمی و کیفی و پایداری ارقام تجاری وکلون‌های امیدبخش سیب‌زمینی

Evaluation of Quantitative and Qualitative Traits and Stability of Commercial Cultivars and Promising Clones of Potato

داود حسن‌پناه[۱]، حسن حسن‌آبادی[۲]، خسرو پرویزی[۳]، محمد کاظمی[۴]، امیرهوشنگ جلالی[۵]، صمد مبصر[۶]، مجید کهبازی[۷]، مجید حسنی[۷]، رئوف محمدی[۸] و محمدرضا خشمی[۸]

۱- استادیار، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل (مغان)، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مغان، ایران.
۲- محقق، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.
۳- استادیار، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، همدان، ایران.
۴- مربی، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران.
۵- استادیار، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران.
۶- استادیار، مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
۷- کارشناس، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.
۸- کارشناس، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل (مغان)، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مغان، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۱/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۴/۱۴

چکیده

حسن‌پناه، د.، حسن‌آبادی، ح.، پرویزی، خ.، کاظمی م.، جلالی، ا. ه.، مبصر، ص.، کهبازی، م.، حسنی، م.، محمدی، ر. و خشمی، م. ر. ۱۳۹۶. بررسی صفات کمی و کیفی و پایداری ارقام تجاری وکلون‌های امیدبخش سیب‌زمینی. **مجله به‌نژادی نهال و بذر ۱-۳۳: ۴۷۳- ۴۵۵.**

به منظور بررسی خصوصیات کمی و کیفی هشت کلون امیدبخش و سه رقم تجاری سیب‌زمینی، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در پنج منطقه (کرج، اردبیل، مشهد، اصفهان و همدان) طی سال‌های ۹۳-۱۳۹۲ انجام شد. در این تحقیق صفات متوسط وزن غده، تعداد و وزن غده در بوته، عملکرد غده، ارتفاع بوته، تعداد ساقه اصلی در بوته، شکل غده، عمق چشم، رنگ پوست و گوشت غده، دوره رشد، حفره‌ای شدن و زنگ داخلی غده، تغییر رنگ گوشت غده خام و درصد ماده خشک غده اندازه‌گیری شد. نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد اثرات مکان، سال×مکان، ژنوتیپ، ژنوتیپ×مکان و ژنوتیپ×سال×مکان بر عملکرد غده معنی‌دار بود. نتایج تجزیه بای پلات نشان داد کلون‌های پنج (۱۶-۳۹۷۰۳۱)، یازده (۱۳-۳۹۷۰۴۵) و نُه (۸-۳۹۷۰۰۹) عملکرد غده و پایداری بیشتری داشتند. این کلون‌ها به ترتیب گوشت غده کرم، زرد روشن و کرم، پوست غده زرد، زرد و زرد، شکل غده گرد تخم‌مرغی، گرد تخم‌مرغی و گرد، و عمق چشم سطحی، متوسط و متوسط داشتند و زنگ داخلی و حفره‌ای شدن غده در آن‌ها خیلی کم بود. کلون‌های یازده و پنج ماده خشک غده بالایی داشتند (به ترتیب ۲۲/۹۹ و ۲۲/۲۷ درصد). در مجموع بر اساس پایداری عملکرد غده و خصوصیات کمی و کیفی، کلون‌های پنج، نُه و یازده انتخاب شدند.

واژه‌های کلیدی: سیب‌زمینی، تجزیه بای‌پلات، عملکرد غده، کیفیت.

نویسنده مسئول: Hassanpanah_d@yahoo.com تلفن: ۰۴۵۳۳۹۲۷۴۰۹

مقدمه

بر اساس آمار وزارت جهاد کشاورزی در سال ۱۳۹۳، سطح زیرکشت سیب‌زمینی کشور حدود ۱۵۹ هزار هکتار با تولید حدود ۴/۹ میلیون تن و متوسط عملکرد غده ۳۱ تن در هکتار برآورد شده است (Anonymous, 2016). برآورد اثر متقابل ژنوتیپ × محیط برای به‌نژادگران گیاه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. لین و بینز (Lin and Binns, 1989) روش‌های مطالعه پایداری را به دو گروه تک‌متغیره (روش‌های پارامتری و ناپارامتری) و چندمتغیره (روش تجزیه اثر اصلی افزایشی و اثر متقابل ضرب‌پذیر: AMMI) تقسیم‌بندی کردند. گوچ و زوبل (Gauch and Zobel, 1997) بیان کردند که نتایج حاصل از روش پایداری AMMI برای کمک به تصمیم‌گیری در برنامه‌های اصلاحی مفید است. ابدون و گوچ (Ebdon and Gauch, 2002) گزارش کردند روش پایداری چندمتغیره AMMI به طور گسترده برای ارزیابی ژنوتیپ × محیط مورد استفاده قرار می‌گیرد. از این روش محققین مختلفی برای انتخاب ژنوتیپ‌های پایدار استفاده کرده‌اند (Hassanpanah, 2011؛ Sabaghnia *et al.,* 2006؛ Mulema *et al.,* 2008؛ Tarakanovas and Ruzgas, 2006؛ Manrique and Hermann, 2000؛ Vargas and Crossa, 2000؛ Kaya *et al.,* 2002؛ Gauch and Zobel, 1997؛ Gauch and Zobel, 1989؛ Crossa *et al.,* 1990؛ Kempton, 1984). در سال ۲۰۰۱، مدل GGE Bi-plot توسط یان (Yan, 2001) معرفی شد. با توجه به مزیت‌های این روش، استفاده از این مدل برای تجزیه اثرمتقابل ژنوتیپ × محیط پیشنهاد شده است (Yan and Hunt, 2002). در آزمایشات عملکرد، زمانی که اثرمتقابل معنی‌دار است ژنوتیپ نباید فقط بر اساس اثرات اصلی ژنوتیپ یا اثر متقابل ژنوتیپ × محیط انتخاب شود و بر اساس مجموع اثرات ژنوتیپ و ژنوتیپ در محیط (G + GE) انتخاب انجام می‌شود (Yan and Kang, 2003). روش GGE بای پلات از طریق نمایش گرافیکی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط، به‌نژادگر را یاری می‌کند تا به سادگی، پایداری ژنوتیپ‌ها و ترکیب پایداری با عملکرد ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف را ارزیابی کرده و همچنین استفاده از این روش امکان بررسی روابط میان محیط‌ها و شناسایی محیط‌های هدف در برنامه‌های به‌نژادی را به سادگی میسر می‌سازد (Mohammadi *et al.,* 2013). روش GGE Bi-plot یکی از روش‌های جدید در بررسی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط بوده که در آن اثر ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط از هم تفکیک نشده و گزینش ارقام پایدار بر اساس هر دو اثر مذکور صورت می‌گیرد (Pourdad and Jamshid Moghaddam, 2013). روش GGE Bi-plot برای تشخیص

ژنوتیپ‌های دارای عملکرد و پایداری بالا توسط تعدادی از محققین استفاده شده است (Yan *et al.*, 2000؛ Bhan *et al.*, 2005؛ Yan and Tinker, 2005؛ Fan *et al.*, 2007؛ Tonk *et al.*, 2011؛ Pourdad and Jamshid Moghaddam, 2014؛ Zerihun, 2014؛ Mohammadi *et al.*, 2014). روش GGE Bi-plot ابزار مناسبی برای گروه‌بندی محیط‌های متنوع و تعیین ژنوتیپ‌های پایدار و سازگار به شرایط محیطی مختلف است (Yan and Kang, 2003). حسن‌پناه و حسن‌آبادی (Hassanpanah and Hassanabadi, 2014) با بررسی پایداری شانزده کلون امیدبخش سیب‌زمینی با استفاده از مدل‌های GGE Bi-plot و AMMI، کلون‌های ۲-۳۹۷۰۰۸، ۵-۳۹۷۰۰۸ و ۴-۹۹۴۰۰۱ را به‌عنوان کلون‌های پایدار با عملکرد غده قابل‌فروش بالا انتخاب کردند. حسن‌آبادی و همکاران (Hassanabadi *et al.*, 2013) نیز با استفاده از روش‌های پایداری GGE Bi-plot و AMMI، رقم خاوران را به‌عنوان دومین رقم ملی سیب‌زمینی مناسب کشت بهاره در مناطق سردسیر کشور معرفی کردند. حسن‌پناه و حسن‌آبادی (Hassanpanah and Hassanabadi, 2011) کلون‌های ۷-۳۹۷۰۰۳، ۲۷-۳۹۶۱۵۱، ۱۰۰-۳۹۷۰۴۵ و رقم ساوالان (شاهد) و حسن‌پناه (Hassanpanah, 2014) ارقام کایزر، لوکا، کنبک و ساتینا و ژنوتیپ پیشرفته ۹-۳۹۷۰۰۷ را به‌عنوان کلون‌های پایدار با عملکرد غده قابل فروش بالا انتخاب کردند.

هدف از این تحقیق ارزیابی صفات کمّی و کیفی کلون‌های امیدبخش، روابط بین کلون‌ها، سال‌ها و مکان‌ها، تعیین ژنوتیپ‌های ایده‌آل و توصیه بهترین کلون از نظر پایداری و عملکرد غده و ویژگی‌های مصرفی نسبت به ارقام آگریا، مارفونا و لیدی‌رزتا بود.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق هشت کلون سیب‌زمینی حاصل از برنامه‌های اصلاحی به همراه سه رقم شاهد آگریا (مناسب برای سرخ کردن)، مارفونا (مناسب برای آب‌پز) و لیدی‌رزتا (مناسب برای چیپس) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در پنج منطقه (کرج، اردبیل، مشهد، اصفهان و همدان) از نظر صفات کمی و کیفی طی سال‌های ۹۳-۱۳۹۲ بررسی شدند. هر کرت شامل دو خط شش متری با فاصله بین خطوط ۷۵ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها روی خطوط ۲۵ سانتی‌متر بود. به منظور کاهش اثرات حاشیه‌ای یک ردیف سیب‌زمینی رقم آگریا در دو طرف آزمایش کشت شد.

طی دوران رشد و پس از برداشت، صفات متوسط وزن غده، یکنواختی شکل غده، تعداد و وزن غده در بوته، عملکرد غده، ارتفاع بوته، تعداد ساقه اصلی در بوته، شکل غده، عمق چشم غده، رنگ پوست و گوشت غده، دوره

رشـد، غـده‌هـای بدشـکل، شـکاف‌هـای رشـد، حفره‌ای شدن، زنگ داخلی غـده، درصـد مـاده خشک غده و تغییر رنگ گوشت غده خام بعـد از ۲۴ سـاعت بـر اسـاس دسـتورالعمل مؤسسـه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال اندازه‌گیـری شدند (Khandan *et al.*, 2011).

عملکرد غده قابل فروش در هر تیمار پس از کسـر غـده‌هـای کوچـک‌تـر از ۳۵ میلـی‌متـر و غده‌های آفـت‌زده و سـبز و همچنـین غـده‌هـای دارای پوسـیدگی نـرم و دفرمـه شـدید بـه‌دسـت آمـد. بـرای تعیـین درصـد مـاده خشـک غـده، بـرش‌هـای نـازک چهـار غـده متوسـط (۸۰-۴۰ میلـی‌متـر) از هـر کلـون وزن شـد و بـه صـورت جداگانه بـه مـدت ۴۸ سـاعت در داخـل آون بـا دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفـت. پـس از تـوزین بـرش‌هـای خشـک شـده، درصـد مـاده خشـک از طریـق معادلـه زیـر محاسـبه شـد (Khandan *et al.*, 2011):

$$DM= (T_d/T_f) \times 100$$

در این معادله DM درصد ماده خشک غده، T_d وزن غده پس از خشک شدن و T_f وزن اولیه غده است. تیپ پخت ژنوتیپ‌ها بر اساس درصد مـاده خشـک غـده و طبـق دسـتورالعمل ملـی آزمون‌های تعیین ارزش زراعی ارقام سیب‌زمینی (Khandan *et al.*, 2011) مشـخص شـد. بـرای بررسی حفره‌ای شـدن مرکـز غـده، چهـار غـده بزرگ از هـر رقـم انتخـاب و پـس از بریـدن بـر اساس دستورالعمل ملی آزمون‌های تعیین ارزش زراعـی ارقـام سـیب‌زمینـی رتبـه‌بنـدی شـدند (Khandan *et al.*, 2011).

برای ارزیابی زنگ داخلی غده نیز چهار غده از هـر رقـم بررسـی و رتبـه‌بنـدی بـر اسـاس دسـتورالعمل آزمـون‌هـای تعیـین ارزش زراعـی ارقـام سـیب‌زمینـی (Khandan *et al.*, 2011) انجام شد. برای بررسی تغییر رنگ گوشت غـده خام پس از ۲۴ ساعت، یـک غـده از هـر کلـون انتخاب و با یک برش طولی، غده از وسط به دو نیمه مساوی تقسیم و در دمای اطاق و در سایه به مدت ۲۴ ساعت نگهداری شد. سپس رتبه‌بنـدی درجه سیاه شدن ژنوتیپ‌ها بر اساس دستورالعمل ملـی آزمـون‌هـای تعیـین ارزش زراعـی ارقـام سیـب‌زمینـی (Khandan *et al.*, 2011) انجـام شد.

پـس از انجـام آزمـون نرمـال بـودن توزیـع داده‌هـا و بررسـی همگنـی واریـانس خطاهـا بـر اسـاس آزمـون بارتلـت، داده‌هـا مـورد تجزیـه واریانس مرکب قرار گرفـت و آزمـون F بـا در نظر گرفتن سال و مکان به‌عنوان عوامل تصادفی و ژنوتیپ به‌عنوان عامـل ثابـت، بـر اسـاس امیـد ریاضـی انجـام شـد. مقایسـه میـانگین صـفات اندازه‌گیری‌شده بـا اسـتفاده از آزمـون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شـد. بـرای تجزیـه داده‌هـا از نـرم‌افـزار SAS 9.1 و بـرای محاسـبه پایداری کلون‌ها از مدل GGE Bi-plot استفاده شد. مطالعه گرافیکی اثر متقابل ژنوتیپ و محیط توسط نرم‌افـزار GenStat 12 طبـق روش یـان و هانت (Yan and Hunt, 2002) انجام شد.

نتایج و بحث

شرایط اقلیمی و موقعیت جغرافیایی مناطق مورد مطالعه در جدول ۱ و نحوه ارزیابی خصوصیات کیفی سیب‌زمینی در جدول‌های ۲ تا ۵ آورده شده است. نتایج تجزیه واریانس مرکب عملکرد غده در پنج منطقه و دو سال آزمایش نشان داد که اثر متقابل سال × مکان، اثر اصلی ژنوتیپ، اثر متقابل ژنوتیپ × مکان و اثر متقابل ژنوتیپ × سال × مکان بر این صفت معنی‌دار بود (جدول ۶).

با توجه به این که در دو منطقه همدان و اردبیل، اجزا عملکرد غده نیز اندازه‌گیری شده بود، برای این صفات تجزیه واریانس مرکب در دو مکان و دو سال انجام شد. نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد اثر سال بر متوسط وزن غده، اثر مکان بر صفات ارتفاع بوته و درصد ماده خشک غده، اثر ژنوتیپ بر صفات وزن غده در بوته و درصد ماده خشک غده، اثر متقابل ژنوتیپ × سال بر تعداد ساقه اصلی در بوته، اثر متقابل ژنوتیپ × مکان بر صفات تعداد غده در بوته، ارتفاع بوته، متوسط وزن غده، تعداد ساقه اصلی در بوته و درصد ماده خشک غده و اثرمتقابل ژنوتیپ × مکان × سال بر وزن غده در بوته معنی‌دار بود (جدول ۶).

میانگین عملکرد غده در کلون‌های سیب‌زمینی مورد بررسی در پنج منطقه و دو سال آزمایش نشان داد کلون‌های یازده (۱۳-۳۹۷۰۴۵)، نُه (۸-۳۹۷۰۰۹) و پنج (۱۶-۳۹۷۰۳۱) دارای بالاترین عملکرد غده بودند و در گروه آماری برتر قرار گرفتند. کلون‌های هفت (۱-T.P۲۲) و سه (۱-۳۹۷۰۶۷) از لحاظ عملکرد غده در گروه آماری بعدی قرار داشتند (جدول ۷).

ژنوتیپ‌های پنج (۱۶-۳۹۷۰۳۱)، یازده (۱۳-۳۹۷۰۴۵)، هشت (۱۱-۳۹۷۰۱۵) و ده (رقم لیدی‌رزتا) بالاترین درصد ماده خشک غده را داشتند و در گروه آماری برتر قرار گرفتند (جدول ۷). یکی از مهم‌ترین صفات برای تعیین نوع مصرف سیب‌زمینی، درصد ماده خشک غده است. ژنوتیپ‌هایی برای چیپس، خلال و سرخ کردنی مناسب هستند که ماده خشک غده آن‌ها بیش از ۱۹ درصد باشد (Anonymous, 2007). زیرا با افزایش درصد ماده خشک غده، بازدهی فرآوری بیشتر، زمان پخت کوتاه‌تر و بافت سیب‌زمینی بهتر شده و در صورت استفاده برای چیپس و سرخ کردن روغن کمتری مصرف می‌شود. از بین کلون‌های پرمحصول، دو ژنوتیپ یازده (۱۳-۳۹۷۰۴۵) و پنج (۱۶-۳۹۷۰۳۱) درصد ماده خشک غده بالایی داشتند و در گروه آماری برتر قرار گرفتند.

کلون‌های سیب‌زمینی پرمحصول پنج (۱۶-۳۹۷۰۳۱)، نُه (۸-۳۹۷۰۰۹) و یازده (۱۳-۳۹۷۰۴۵) به ترتیب دارای رنگ گوشت غده کرم، زرد روشن و کرم، رنگ پوست غده زرد، زرد و زرد، شکل غده گرد تخم‌مرغی، گرد تخم‌مرغی و گرد، رنگ سرخ شده کرمی، زرد روشن و کرمی بودند (جدول ۸).

جدول ۱- شرایط اقلیمی و موقعیت جغرافیایی مناطق مورد مطالعه

Table 1. Climatic conditions and geographical position of studied regions

Location	مکان	طول جغرافیایی Latitude	عرض جغرافیایی Longitude	ارتفاع از سطح دریا (متر) Altitude (m)	درجه حرارت (درجه سانتی‌گراد) Temperature (°C)			بارندگی (میلی‌متر) Precipitation (mm)	رطوبت نسبی (درصد) Relative humidity (%)
					متوسط Average	حداقل Minimum	حداکثر Maximum		
Ardabil	اردبیل	48°18′ E	38°15′ N	1351	9.90	4.10	15.80	277	68
Hamedan	همدان	48°32′ E	34°48′ N	1550	11.35	3.93	18.77	384	53
Karaj	کرج	51°00′ E	35°48′ N	1312	14.40	8.00	20.80	247	53
Mashhad	مشهد	59°23′ E	35°34′ N	1600	14.10	7.10	21.10	225	55
Isfahan	اصفهان	51°40′ E	32°37′ N	1550	16.25	9.10	23.40	123	40

جدول ۲- روش ارزیابی درصد ماده خشک غده

Table 2. Evaluation method of the tuber dry matter percentage

Score	رتبه	تیپ پخت Cooking type	Consumption	نوع مصرف	درصد ماده خشک غده Tuber dry matter percentage
Very little	خیلی کم	A	Very soft texture, suitable for salads	بافت خیلی نرم، مناسب برای سالاد	<16
Little	کم	A	Soft texture, suitable for salads	بافت نرم، مناسب برای سالاد	16-18
Medium	متوسط	B	Texture of rather soft, suitable for multipurpose use	بافت نسبتاً نرم، مناسب برای استفاده چندمنظوره	18-20
High	بالا	C	Floury texture, suitable for french-fries	بافت آردی، مناسب برای خلال	20-22
Very high	خیلی بالا	D	Very floury texture, suitable for chips	بافت کاملاً آردی، مناسب برای چیپس	>22

جدول ۳- روش ارزیابی دوره رشد

Table 3. Evaluation method of the growth period

رتبه Score	Maturity	رسیدگی	دوره رشد (روز) Growth period (day)
1	Very late	خیلی دیررس	>160
2	Very late till late	خیلی دیررس تا دیررس	150-160
3	Late	دیررس	140-150
4	Late till moderately late	دیررس تا متوسط دیررس	130-140
5	Moderately late	متوسط دیررس	120-130
6	Moderately late till early	متوسط دیررس تا زودرس	110-120
7	Early	زودرس	100-110
8	Early till very early	زودرس تا خیلی زودرس	90-100
9	Very early	خیلی زودرس	<90

جدول ۴- روش ارزیابی حفره‌ای شدن مرکز غده

Table 5. Evaluation method of tuber hollow heart

رتبه Score	Tuber hollow heart	حفره‌ای شدن مرکز غده
1	Very high: All four tubers with big hollow	خیلی زیاد: هر چهار غده با حفره‌های بزرگ
2	Very high till high: All four tubers has a hollow, but they are not all big	خیلی زیاد تا زیاد: هر چهار غده دارای حفره ولی همه آن‌ها بزرگ نیستند
3	High: Three tubers with small hollow or two tubers with a big hollow	زیاد: سه غده با حفره‌های کوچک یا دو غده با حفره بزرگ
4	High till medium: Two tubers with medium hollow or one tuber with small hollow and one tuber with big hollow	زیاد تا متوسط: دو غده با حفره متوسط یا یک غده با حفره کوچک و یک غده با حفره بزرگ
5	Medium: One tuber with small hollow and one tuber with medium hollow	متوسط: یک غده با حفره کوچک و یک غده با حفره متوسط
6	Medium till little: Two tubers with small hollow	متوسط تا کم: دو غده با حفره کوچک
7	Little: One tuber with medium hollow	کم: یک غده با حفره متوسط
8	Little till very little: One tuber with small hollow	کم تا خیلی‌کم: یک غده با حفره کوچک
9	Very little: All four tubers without hollow	خیلی‌کم: هر چهار غده بدون حفره

جدول ۵- روش ارزیابی زنگ داخلی غده
Table 5. Evaluation method of tuber inner ring

رتبه Score	زنگ داخلی غده Tuber inner ring
1	خیلی زیاد: هر چهار غده با لکه متوسط تا شدید Very high: All four tubers with medium to severe spots
2	خیلی زیاد تا زیاد: هر چهار غده با لکه‌های کوچک تا بزرگ Very high till high: All four tubers with small till big spots
3	زیاد: سه غده با لکه‌های متوسط High: Three tubers with medium spots
4	زیاد تا متوسط: دو غده با لکه‌های متوسط یا چهار غده با لکه‌های کوچک High till medium: Two tubers with medium spots or four tubers with small spots
5	متوسط: سه غده با لکه کوچک Medium: Three tubers with small spots
6	کم: دو غده با لکه کوچک یا متوسط Little: Two tubers with small or medium spots
7	کم تا خیلی کم: یک غده با لکه کوچک Little till very little: One tubers with small spot
8	خیلی کم: بدون زنگ داخلی Very little: Without tuber inner ring

کلون‌های پنج (۱۶-۳۹۷۰۳۱)، نُه (۸-۳۹۷۰۰۹) و یازده (۱۳-۳۹۷۰۴۵) به ترتیب از عمق چشم سطحی، متوسط و متوسط و سیاه شدن رنگ گوشت غده متوسط، کم و متوسط برخوردار بودند و زنگ داخلی و حفره‌ای شدن غده و شکاف‌های رشد نداشتند. در این کلون‌ها طول دوره خواب به ترتیب ۵۲، ۴۵ و ۶۵ روز و طول دوره رشد به ترتیب ۱۰۰، ۱۲۲ و ۱۲۲ روز بود و به‌ترتیب به‌عنوان کلون‌های متوسط دیررس، دیررس و دیررس انتخاب شدند (جدول ۸).

ژنوتیپ‌هایی که رنگ گوشت و پوست غده زرد تیره تا زرد روشن دارند، دارای بازارپسندی بیشتری هستند. معمولاً رنگ گوشت سفید و رنگ پوست قرمز بازارپسندی خوبی ندارد (Hassanpanah *et al.,* 2008). سطحی بودن عمق چشم در کاهش ضایعات مصرف نقش مؤثری دارد و ارقامی باید انتخاب شوند که از عمق چشم سطحی برخوردار هستند (Hassanabadi *et al.,* 2013). عملکرد سیب‌زمینی به گروه رسیدگی آن وابسته است و ارقام دیررس عملکرد بیشتری دارند (Hassanpanah and Hassanabadi, 2011).

سیب‌زمینی پوست کنده و قطعه قطعه شده در معرض هوا سیاه رنگ می‌شود. علت تغییر رنگ وجود آنزیم تیروزیناز در سیب‌زمینی است که با اکسیژن هوا و همچنین فنول‌های حاوی آهن موجود در سیب‌زمینی واکنش می‌دهد. بریدن سیب‌زمینی باعث آسیب دیواره سلولی و آزاد شدن این آنزیم می‌شود. سیاه شدن رنگ گوشت غده از صفات مهم صنعت فرآوری است. میزان سیاه شدن رنگ گوشت غده دو کلون پنج (۱۶-۳۹۷۰۳۱) و یازده (۱۳-۳۹۷۰۴۵) متوسط و کلون نُه (۸-۳۹۷۰۰۹) کم بود (جدول ۸).

جدول ۶- تجزیه واریانس مرکب صفات مطالعه شده در ژنوتیپ‌های سیب‌زمینی در مناطق مختلف طی سال‌های ۹۳-۱۳۹۲

Table 6. Combined analysis of variance of studied traits in potato genotypes in different regions during 2013-14

		Ardabil and Hamadan regions مناطق اردبیل و همدان							Five regions پنج منطقه	
			MS میانگین مربعات							MS میانگین مربعات
S.O.V.	منابع تغییرات	درجه آزادی df.	وزن غده در بوته Weight of tuber per plant	تعداد غده در بوته Number of tuber per plant	ارتفاع بوته Plant height	متوسط وزن غده Average tuber weight	تعداد ساقه اصلی در بوته Number of main stem per plant	درصد ماده خشک غده Tuber dry matter	درجه آزادی df.	عملکرد غده Tuber yield
Year (Y)	سال	1	0.001^{ns}	1.02^{ns}	306.98^{ns}	579.71*	0.03^{ns}	0.96^{ns}	1	449.03^{ns}
Location (L)	مکان	1	140.44^{ns}	0.001^{ns}	18223.85**	0.002^{ns}	1.84^{ns}	85.44**	4	3330.15**
Y × L	مکان × سال	1	0.003^{ns}	0.001^{ns}	163.78^{ns}	0.004^{ns}	0.02^{ns}	0.006^{ns}	4	2571.22**
Rep (L Y)	تکرار (سال و مکان)	12	38162.31	6.42	141.04	814.73	1.23	2.11	30	48.16
Genotype (G)	ژنوتیپ	10	30387.87*	31.53^{ns}	316.21^{ns}	130.65^{ns}	4.78^{ns}	33.76*	10	841.45*
G × Y	سال × ژنوتیپ	10	22748.39^{ns}	3.79^{ns}	16.16^{ns}	148.82^{ns}	2.32**	0.27^{ns}	10	51.54^{ns}
G × L	مکان × ژنوتیپ	10	17408.52^{ns}	18.12**	497.29**	1412.4**	1.32*	8.66**	40	200.82**
G × Y × L	مکان × سال × ژنوتیپ	10	66869.89**	4.89^{ns}	21.14^{ns}	293.05^{ns}	0.18^{ns}	0.56^{ns}	40	59.12**
Error	خطا	120	16571.06	4.05	32.75	242.65	0.39	1.48	300	26.15
C.V. (%)	ضریب تغییرات (٪)		18.47	21.07	8.72	20.63	14.92	5.79		13.37

ns، * و**: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

ns , * and **: Not significant, significant at the 5% and 1% probability levels, respectively.

جدول ۷- مقایسه میانگین صفات کمی در ژنوتیپ‌های سیب‌زمینی

Table 7. Mean comparison of quantitative traits in potato genotypes

شماره ژنوتیپ Genotype No.	ژنوتیپ Genotype	عملکرد غده (تن در هکتار) Tuber yield (Ton ha^{-1})	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	وزن غده در بوته (گرم) Weight of tuber per plant (g)	تعداد غده در بوته Number of tuber per plant	ماده خشک غده (٪) Tuber dry matter (%)
1	397031-11	36.83c	70.29ab	738.85a	10.09a	20.22cd
2	Agria (check)	37.65c	60.89c	722.97ab	9.67ab	20.44c
3	397067-1	40.61b	71.27ab	707.44abc	9.68ab	21.69b
4	397008-14	35.20c	61.84c	630.79c	10.43cd	20.59c
5	397031-16	41.81ab	61.96c	730.37a	10.43a	22.27ab
6	Marfona (check)	37.55c	67.70b	697.56abc	9.47ab	20.02cd
7	T.P 22-1	41.22b	63.55c	630.79c	8.64bc	20.56c
8	397015-11	35.37c	60.83c	639.36bc	7.79c	22.47ab
9	397009-8	41.98ab	68.27b	742.04a	10.10a	19.47d
10	Lady Rosetta (check	29.40d	63.05c	694.46abc	10.11a	22.45ab
11	397045-13	43.83a	72.59ab	731.90a	10.41a	22.99a

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشابه، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

In each column, the means with similar letters are not significantly different at the 5% probability level, according to LSD test.

جدول ۸- خصوصیات کیفی ژنوتیپ‌های سیب‌زمینی

Table 8. Qualitative characteristics of potato genotypes

شماره ژنوتیپ Genotype No.	ژنوتیپ Genotype	رسیدگی[۱] Maturity	عمق چشم[۲] Eye depth	زنگ داخلی غده[۳] Tuber Inner ring	حفره‌ای شدن مرکز غده[۳] Tuber hollow heart	تغییر رنگ گوشت غده خام پس از ۲۴ ساعت[۴] Discolored of raw tuber flesh after 24 hr	تیپ پخت[۵] Cooking type	رنگ پوست[۶] Tuber skin color	رنگ گوشت[۷] Tuber flesh color	شکل غده[۸] Tuber shape
1	397031-11	Moderately late	Shallow	Very little	Very little	High	B*	Light yellow	Creamy	Oval
2	Agria	Moderately late	Shallow	Very little	Very little	Little	B	Yellow	Yellow	Oval round
3	397067-1	Moderately late	Middle	Very little	Very little	Middle	B	Yellow	Light yellow	Oval round
4	397008-14	Moderately late	Shallow	Very little	Very little	Little	B	Yellow	Creamy	Round
5	397031-16	Moderately late	Shallow	Very little	Very little	Middle	D	Yellow	Creamy	Oval round
6	Marfona	Moderately early	Middle	Very little	Very little	Little	B	Yellow	Creamy	Round
7	T.P 22-1	Moderately late	Shallow	Very little	Very little	Little	B	Yellow	Yellow	Oval
8	397015-11	Moderately late	Shallow	Very little	Very little	Middle	D	Yellow	White	Long oval
9	397009-8	Moderately late	Middle	Very little	Very little	Little	B	Yellow	Light yellow	Oval round
10	Lady Rosetta	Moderately late	Middle	Very little	Very little	Little	D	Red	Creamy	Oval round
11	397045-13	Moderately late	Middle	Very little	Very little	Middle	D	Yellow	Creamy	Round

۱: Moderately late: متوسط دیررس و Moderately early: متوسط زودرس.

۲: Shallow: سطحی و Middle: متوسط.

۳: Very little: خیلی کم.

۴: High: بالا، Little: کم و Middle: متوسط.

۵: B: بافت نسبتاً نرم (استفاده چند منظوره) و D: بافت کاملاً آردی (مناسب برای چیپس).

۶: Light yellow: زردروشن، Yellow: زرد و Red: قرمز.

۷: Creamy: کرمی، Yellow : زرد، Light yellow: زرد روشن و White: سفید.

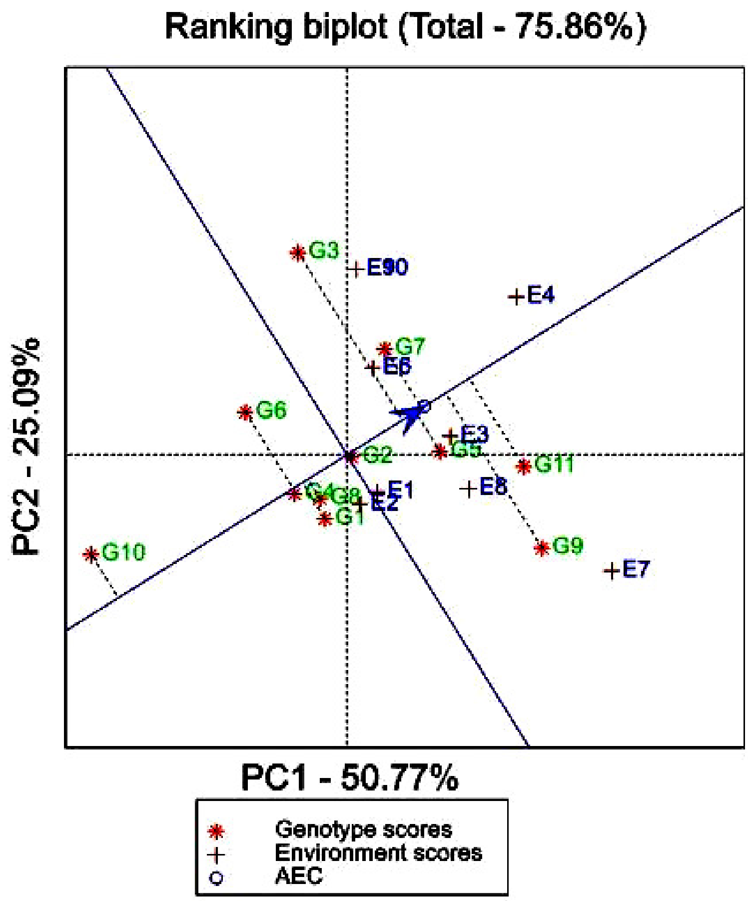
۸: Oval: تخم‌مرغی، Oval round: گرد تخم‌مرغی، Round: گرد و Long Oval: تخم‌مرغی کشیده.

***: B**: Fairly soft texture (multipurpose use) and **D**: Very floury texture (suitable for chips)

ژنوتیپ‌های پنج (۱۶-۳۹۷۰۳۱)، هشت (۱۱-۳۹۷۰۱۵)، ده (رقم لیدی رزتا) و یازده (۱۳-۳۹۷۰۴۵) دارای بافت غده‌ای خیلی آردی (تیپ پخت D) بودند (جدول ۸). در این گروه گاهی اوقات در اثر آب‌پز شدن، سطح غده کاملاً ترک برداشته و دچار وارفتگی می‌شود. ساختمان بافت غده معمولاً به صورت دانه‌های نسبتاً درشت مشاهده می‌شود. کلون‌های این گروه برای مصارف چیپس، خلال و سرخ کردنی مورد استفاده قرار می‌گیرند (Madah Arefi *et al.,* 2007). ژنوتیپ‌های یک (۱۱-۳۹۷۰۳۱)، دو (رقم آگریا)، سه (۱-۳۹۷۰۶۷)، چهار (۱۴-۳۹۷۰۰۸)، شش (رقم مارفونا)، هفت (T.P۲۲-۱) و نُه (۸-۳۹۷۰۰۹) دارای تیپ پخت B بودند (جدول ۸). غده‌های این ژنوتیپ‌ها پس از پخت کمی آردی بوده و سطح آن‌ها براق نیست. بافت این غده‌ها نسبتاً نرم و تا حدودی خشک است و به‌صورت آب‌پز و سرخ کرده قابل استفاده هستند (Madah Arefi *et al.,* 2007). از کلون‌های پرمحصول، دو کلون پنج (۱۶-۳۹۷۰۳۱) و یازده (۱۳-۳۹۷۰۴۵) درصد ماده خشک غده بالایی داشته و برای صنعت فرآوری مناسب هستند. کلون نُه (۸-۳۹۷۰۰۹) از درصد ماده خشک غده متوسط برخوردار بود و برای مصارف تازه‌خوری و سالاد مناسب است (Madah Arefi *et al.,* 2007).

از لحاظ صفات تعداد و وزن غده در بوته به جز کلون‌های چهار (۱۴-۳۹۷۰۰۸)، هفت (T.P۲۲-۱) و هشت (۱۱-۳۹۷۰۱۵)، بقیه ژنوتیپ‌ها در گروه آماری برتر قرار گرفتند. کلون‌های یک (۱۱-۳۹۷۰۱۵)، سه (۱-۳۹۷۰۶۷) و یازده (۱۳-۳۹۷۰۴۵) دارای بالاترین ارتفاع بوته بودند و در گروه آماری برتر قرار گرفتند (جدول ۷). بر اساس عملکرد و اجزا عملکرد غده و صفات کیفی اندازه‌گیری شده، کلون‌های پنج (۱۶-۳۹۷۰۳۱)، نُه (۸-۳۹۷۰۰۹) و یازده (۱۳-۳۹۷۰۴۵) به‌عنوان ژنوتیپ‌های پرمحصول با صفات کیفی مناسب انتخاب شدند.

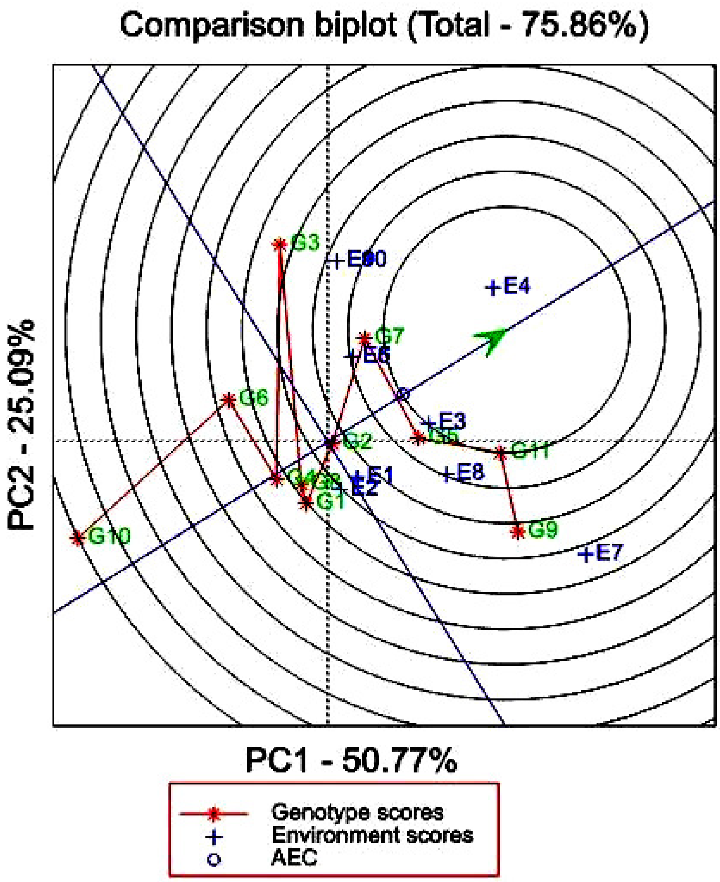
نتایج حاصل از تجزیه GGE Bi-plot به روش رتبه‌ای و مقایسه‌ای نشان داد که مؤلفه‌های اصلی اول و دوم به ترتیب ۵۰/۷۷ و ۲۵/۰۹ درصد تغییرات را توجیه کردند که بیانگر معتبر بودن نسبی بای‌پلات تغییرات GGE است (شکل‌های ۱ و ۲). آنالیز GGE Bi-plot می‌تواند به اندازه کافی ژنوتیپ و پایداری ژنوتیپ‌ها را بیان کند (Yan, 2001). برای بررسی همزمان عملکرد ژنوتیپ‌ها و پایداری از مختصات محیط متوسط، AEC (Average environment coordinate) استفاده می‌شود (Yan and Kang, 2003). در شکل ۱ محور افقی که دارای یک پیکان است و از مبدا مختصات عبور کرده، محور متوسط محیط، ATC (Average Tester Coordinate) نامیده می‌شود. تصویر ژنوتیپ‌ها روی این محور، تقریبی از عملکرد ژنوتیپ‌ها است.



شکل ۱- ارزیابی همزمان عملکرد غده و پایداری ژنوتیپ‌های سیب‌زمینی در شرایط محیطی مختلف با روش GGE بای پلات

Fig.1. Simultaneous evaluation of tuber yield and stability of the potato genotypes in across environments by GGE-biplot method

کد ژنوتیپ Genotype code	نام ژنوتیپ Genotype name	کد محیط Environment code	نام محیط Environment name
G1	397031-11	E1	Ardabil 2013
G2	Agria	E2	Ardabil 2014
G3	397067-1	E3	Esfahan 2013
G4	397008-14	E4	Esfahan 2014
G5	397031-16	E5	Hamadan 2013
G6	Marfona	E6	Hamadan 2014
G7	T.P 22-1	E7	Karaj 2013
G8	397015-11	E8	Karaj 2014
G9	397009-8	E9	Mashhad 2013
G10	Lady Rosetta	E10	Mashhad 2014
G11	397045-13		



شکل ۲- GGE بای پلات برای مقایسه ژنوتیپ‌های سیب‌زمینی با ژنوتیپ ایده‌آل بر اساس پایداری و عملکرد غده

Fig.2. GGE-biplot for comparison of the potato genotypes with the ideal genotype based on tuber yield and stability

کد ژنوتیپ Genotype code	نام ژنوتیپ Genotype name	کد محیط Environment code	نام محیط Environment name
G1	397031-11	E1	Ardabil 2013
G2	Agria	E2	Ardabil 2014
G3	397067-1	E3	Esfahan 2013
G4	397008-14	E4	Esfahan 2014
G5	397031-16	E5	Hamadan 2013
G6	Marfona	E6	Hamadan 2014
G7	T.P 22-1	E7	Karaj 2013
G8	397015-11	E8	Karaj 2014
G9	397009-8	E9	Mashhad 2013
G10	Lady Rosetta	E10	Mashhad 2014
G11	397045-13		

این محور را به نام محور میانگین محیط (AEC) می‌نامند. محیط متوسط در واقع یک محیط مجازی بوده و توسط دایره‌ای کوچک در نزدیک انتهای فلش محور متوسط محیط (ATC) نمایش داده می‌شود. در این شکل همچنین محوری عمود بر محور ATC رسم می‌شود. ژنوتیپ‌هایی که در سمت راست خط دو سر پیکان قرار دارند، از نظر عملکرد غده برتر از میانگین کل و ژنوتیپ‌هایی که در سمت چپ خط دو سر پیکان قرار دارند، عملکرد غده کمتری از میانگین کل دارند. همچنین تصویر ژنوتیپ‌ها بر روی محور افقی (ATC) نشان‌دهنده میزان پایداری ژنوتیپ‌ها است. به طوری که هر چه تصویر ژنوتیپی روی این محور کوتاه‌تر باشد نشان‌دهنده پایداری بیشتر آن ژنوتیپ است. بنابراین بر اساس شکل ۱، کلون‌های یازده (۱۳-۳۹۷۰۴۵)، نُه (۸-۳۹۷۰۰۹)، پنج (۱۶-۳۹۷۰۳۱) در سمت راست محور عمودی قرار گرفته و بنابراین عملکردی بیشتر از میانگین کل دارند. در حالی که سایر ژنوتیپ‌ها دارای عملکردی کمتر از میانگین کل بودند (شکل ۱). همچنین بر اساس این شکل، به ترتیب ژنوتیپ‌های پنج (۱۶-۳۹۷۰۳۱)، هفت (T.P۲۲-۱)، دو (رقم آگریا)، چهار (۱۴-۳۹۷۰۰۸)، هشت (۱۱-۳۹۷۰۱۵)، یک (۱۱-۳۹۷۰۳۱) و ده (رقم لیدی‌رزتا) با توجه به فاصله کمتر از محور افقی ATC، به‌عنوان پایدارترین و ژنوتیپ‌های شش (رقم مارفونا)، سه (۱-۳۹۷۰۶۷)، نُه (۸-۳۹۷۰۰۹) و یازده (۱۳-۳۹۷۰۴۵) به‌عنوان ناپایدارترین ژنوتیپ‌ها بودند (شکل ۱). بنابراین به طور کلی می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که ژنوتیپ پنج (۱۶-۳۹۷۰۳۱) و در مرتبه بعدی ژنوتیپ‌های یازده (۱۳-۳۹۷۰۴۵) و نُه (۸-۳۹۷۰۰۹) علاوه بر عملکرد بالا دارای پایداری عملکرد بیشتری نیز هستند (شکل ۱).

در شکل ۲ یک دایره کوچک روی محور میانگین عملکرد غده ژنوتیپ‌ها وجود دارد. برای استفاده از ژنوتیپ ایده‌آل به‌عنوان مرکز ارزیابی، دایره‌های هم مرکزی در بای‌پلات به منظور تعیین گرافیکی فاصله بین ژنوتیپ‌های مطالعه‌شده با ژنوتیپ ایده‌آل ایجاد شده است (شکل ۲). یک ژنوتیپ ایده‌آل، ژنوتیپی فرضی است که دارای بیشترین عملکرد و پایداری در کلیه محیط‌ها بوده و از نظر مکانی در مرکز دوایر متحدالمرکز قرار بگیرد (Yan, 2001). اگر چه چنین ژنوتیپ ایده‌آل در واقع ممکن است وجود نداشته باشد، اما از آن می‌توان به‌عنوان مرجع برای ارزیابی ژنوتیپ‌ها استفاده کرد (Yan and Tinker, 2006). اگر یک ژنوتیپ نزدیک ژنوتیپ ایده‌آل باشد به‌عنوان ژنوتیپ مطلوب‌تر انتخاب می‌شود (Yan, 2002). بر اساس نتایج حاصل از این مطالعه، ژنوتیپ‌های یازده (۱۳-۳۹۷۰۴۵)، پنج (۱۶-۳۹۷۰۳۱)، هفت (T.P۲۲-۱) و نُه (۸-۳۹۷۰۰۹) نزدیک ژنوتیپ ایده‌آل بوده و بنابراین به‌عنوان مطلوب‌ترین ژنوتیپ‌ها در نظر

گرفته شدند. با توجه به این که ژنوتیپ‌های ده (رقم لیدی‌رزتا)، شش (رقم مارفونا)، چهار (۱۴-۳۹۷۰۰۸)، یک (۱۱-۳۹۷۰۳۱) و هشت (۱۱-۳۹۷۰۱۵) دورترین فاصله را از ژنوتیپ ایده‌آل داشتند، بنابراین به‌عنوان نامطلوب‌ترین ژنوتیپ‌ها در نظر گرفته شدند (شکل ۲).

در نهایت بر اساس نتایج به‌دست آمده در این آزمایش، کلون‌های پنج (۱۶-۳۹۷۰۳۱)، یازده (۱۳-۳۹۷۰۴۵) و نُه (۸-۳۹۷۰۰۹) به‌عنوان کلون‌های پرمحصول و دارای عملکرد غده پایدار و مناسب از لحاظ صفات کمی و کیفی اندازه‌گیری‌شده انتخاب شدند.

References

Anonymous. 2007. Procedures for Standard Evaluation Trials of Advanced Potato Clones. International Potato Center 126 pp.

Anonymous. 2016. Agricultural Statistics. Ministry of Jihad-e-Agriculture, Tehran, Iran (in Persian).

Bhan, M. K., Pal, S., Rao, B. L., Dhar, A. K., and Kang, M. S. 2005. GGE Bi-plot analysis of oil yield in Lemongrass (*Cymbopogon* spp). Journal of New Seeds 7(2): 127-139.

Crossa, J., Gauch, H. G., and Zobel, R. W. 1990. Additive main effects and multiplicative interaction analysis of two international maize cultivar trials. Crop Science 30: 493-500.

Ebdon, J. S., and Gauch, H. G. 2002. Additive main effect and multiplicative interaction analysis of national turf-grass performance trials. II cultivar recommendations. Crop Science 42: 497-506.

Fan, X. M., Kang, M. S., Zhang, H. Y., Tan, J., and Xu, C. 2007. Yield stability of maize hybrids evaluated in multi-environment trials in Yunnan, China. Agronomy Journal 99: 220-228.

Gauch, H. G., and Zobel, R. W. 1989. Accuracy and selection success in yield trials. Theoretical and Applied Genetics 77: 473-481.

Gauch, H. G., and Zobel, R. W. 1997. Identifying mega-environments and targeting genotypes. Crop Science 37: 311-326.

Hassanabadi, H., Mousapour Gorji, A., Hassanpanah, D., Ahmadvand, R., Parvizi, K., Kazemi, M., Hajianfar, R., and Abdi, H. R. 2013. Khavarn, potato new cultivar with high yield and good quality. Journal of Research Achievments for Field and Horticulture Crops 2(1): 67-79 (in Persian).

Hassanpanah, D. 2011. Analysis of G×E interaction by using the additive main effects and multiplicative interaction (AMMI) in potato cultivars. African Journal of Biotechnology 2(10): 154-158.

Hassanpanah, D. 2014. Evaluation of genetic diversity for agronomic traits in 65 genotypes potato with the use of factor and cluster analysis. Crop Eco-Physiology 8(29): 83-96 (in Persian).

Hassanpanah, D., and Hassanabadi, H. 2011. Evaluation of quantitative and qualitative characteristics of promising potato clones in Ardabil region, Iran. Modern Science of Sustainable Agriculture 7(1): 37-48 (in Persian).

Hassanpanah, D., and Hassanabadi, H. 2014. Evaluation of quantitative and qualitative traits of advanced clones and potato cultivars with using AMMI and GGE Bi-plot models. Crop Eco-Physiology 8(30): 149-168 (in Persian).

Hassanpanah, D., Hassanabadi, H., Yarnia, M., and Khorshidi, M. B. 2008. Evaluation of quantitative and qualitative characters of advanced cultivars and clones of potato in Ardabil region. Journal of Agricultural Science 2(5): 19-31 (in Persian).

Kaya, Y. K., Palta, E., and Taner, S. 2002. Additive main effects and multiplicative interactions analysis of yield performances in bread wheat genotypes across environments. Turkish Journal of Agriculture and Forestry 26: 275-279.

Kempton, R. A. 1984. The use of biplots in interpreting variety by environment interactions. The Journal of Agricultural Science 103: 123-135.

Khandan, A., Mobaser, S., Moslemkhani, K., and Hassanabadi, H. 2011. National Guideline for Determine the Crop Value of Potato Cultivars. Seed and Plant Certification and Registration Institute 35 pp. (in Persian)

Lin, C. S., and Binns, M. R. 1989. Comparison of unpredictable environmental variation generated by year and by seeding-time factors for measuring type 4 stability. Theoretical and Applied Genetics 78: 61-64.

Madah Arefi, H., Sadeghian Motahar, S. Y., Mahmodi, S. B., Sabagpour, H., Mozafari, J., Khandan, A., Mobasser, S., Moslemkhani, K., and Hassanabadi, H. 2007. National Guideline for Testing Value for Cultivation and Use in Potato. Seed and Plant Certification and Registration Institute 34 pp. (in Persian).

Manrique, K., and Hermann, M. 2000. Effect of G×E interaction on root yield and beta-carotene content of selected sweet-potato (*Ipomoea batatas* (L) Lam.) varieties

and breeding clones. International Potato Center (CIP), Lima, Peru. pp. 281-287.

Mohammadi, R., Armiyoun, M., Zade-Hassan, I., Ahmadi, M. M., and Sadeghzadeh, D. 2013. Genotype × environment interaction for grain yield of rainfed durum wheat using the GGE bipot model. Seed and Plant Improvement Journal 28-1(3): 504-518 (in Persian).

Mohammadi, R., Dehghani, H., and Karimzadeh, G. H. 2014. Graphic analysis of trait relations of cantaloupe using the Biplot method. Journal Plant Prodution Research 21(4): 43-62 (in Persian).

Mulema, J. M. K., Adipala, E., Olanya, O. M., and Wagoire, W. 2008. Yield stability analysis of late blight resistant potato selections. Journal of Experimental Agriculture 44: 145-155.

Pourdad, S., and Jamshid Moghaddam, M. 2013. Study on genotype × environment interaction through GGE biplot in spring safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Journal of Crop Production and Processing 2(6): 99-108 (in Persian).

Pourdad, S. S., and Jamshid Moghaddam, M. 2014. Study on genotype × environment interaction through GGE Biplot for seed yield in spring rapeseed (*Brassica napus* L.) in rainfed condition. Journal of Crop Breeding 5(12): 1-14 (in Persian).

Sabaghnia, N., Dehghannia, H., and Sabaghpour, S. H. 2006. Nonparametric methods for interpreting genotype × environment interaction of lentil genotypes. Crop Science 46: 1100-1106.

Tarakanovas, P., and Ruzgas, V. 2006. Additive main effect and multiplication interaction analysis of grain yield of wheat varieties in Lithuania. Agronomy Research 41(1): 91-98.

Tonk, F. A., Ilker, E., and Tosun, M. 2011. Evaluation of genotype × environment interactions in maize hybrids using GGE biplot analysis. Crop Breeding and Applied Biotechnology 11: 1-9.

Vargas, M., and Crossa, J. 2000. The AMMI Analysis and the Graphing the Bi-plot. CIMMYT, Mexico 39 pp.

Yan, W. 2001. GGE biplot- A windows application for graphical analysis of multi-environment trial data and other types of two-way data. Agronomy Journal 93: 1111-1118.

Yan, W. 2002. Singular-value partitioning in bi-plot analysis of multi-environment trial data. Agronomy Journal 94: 990-996.

Yan, W., and Hunt, L. A. 2002. Bi-plot analysis of multi-environment trial data. In: Kang, M. S. (ed.). Quantitative Genetics, Genomics and Plant Breeding. CABI Publishing, Wallingford, Oxon, U.K. pp 289-303.

Yan, W., and Kang, M. S. 2003. GGE Bi-plot Analysis: A Graphical Tool for Breeders, Geneticists, and Agronomists. CRC Press, Boca Raton, FL. 288 pp.

Yan, W., and Tinker, N.A. 2005. An integrated system of bi-plot analysis for displaying, interpreting and exploring genotype by-environment interactions. Crop Science 45: 1004-1016.

Yan, W., and Tinker, N. A. 2006. Bi-plot analysis of multi-environment trial data: Principles and applications. Canadian Journal of Plant Science 86(3): 623-645.

Yan, W., Hunt, L.A., Sheng, Q., and Szlavnics, Z. 2000. Cultivar evaluation and mega-environment investigations based on the GGE biplot. Crop Science 40: 597-605.

Zerihun, J. 2011. GGE-biplot analysis of multi-environment yield trials of barley (*Hordeium vulgare* L.) genotypes in Southeastern Ethiopia highlands. International Journal of Plant Breeding and Genetics 5: 59-75.